

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **04054034 A**

(43) Date of publication of application: **21.02.92**

(51) Int. Cl

**H04J 14/02**

**H04J 1/00**

(21) Application number: **02164404**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: **22.06.90**

(72) Inventor: **SHIBUYA MAKOTO**

**(54) SUBCARRIER MULTIPLEX OPTICAL  
TRANSMISSION METHOD AND SUBCARRIER  
MULTIPLEX OPTICAL TRANSMITTER**

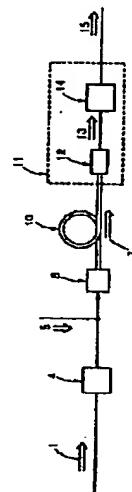
that of a conventional system by 0.63dB.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To improve CSO and CTB of a worst channel by setting the intensity of a subcarrier of a channel having much number of nonlinear distortion caused in a reception band larger than the intensity of other subcarrier.

CONSTITUTION: A level of each subcarrier from a subcarrier multiplex signal 1 is adjusted by an emphasis circuit 4, the signal is superimposed on a bias current 5 and the result is fed to a transmission light source 6. A signal light 7 outputted from the transmission light source 6 is received by an optical receiver 11 after the transmission through a single mode optical fiber 10 whose length is 15km. A subcarrier multiplex signal 13 is inputted to a deemphasis circuit 14 having a reverse characteristic to that of the emphasis circuit 4, and after the intensity of each subcarrier is made equal, an output signal 15 is outputted from the optical receiver 11. The emphasis circuit 4 sets the intensity of the subcarrier thereby improving the CSO more than



BEST AVAILABLE COPY

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開  
 ⑪ 公開特許公報 (A) 平4-54034

⑫ Int. Cl. \*  
 H 04 J 14/02  
 1/00

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)2月21日

7117-5K  
 8426-5K H 04 B 9/00 E  
 審査請求 未請求 請求項の数 4 (全8頁)

⑭ 発明の名称 サブキャリア多重光伝送方法およびサブキャリア多重光伝送装置

⑮ 特願 平2-164404  
 ⑯ 出願 平2(1990)6月22日

⑰ 発明者 渡 谷 真 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

⑱ 出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

⑲ 代理人 弁理士 内原晋

明細書

発明の名称 サブキャリア多重光伝送方法およびサブキャリア多重光伝送装置

特許請求の範囲

1) 伝送信号によって変調された周波数の異なる複数のサブキャリアを多重し、該サブキャリア多重信号によって信号光強度を変調して伝送を行うサブキャリア多重光伝送方法において、非線形歪とサブキャリアの強度比が他のチャンネルに比して劣化しているチャンネルのサブキャリア強度を、他のチャンネルのサブキャリア強度に比して大きく設定することを特徴とするサブキャリア多重光伝送方法。

2) 伝送信号によって変調された周波数の異なる複数のサブキャリアを多重し、該サブキャリア多重信号によって信号光強度を変調して伝送を行う多重サブキャリア多重光伝送方法において、受信帯域内に生じる非線形歪の数の多いチャンネルの

サブキャリアの強度を他のサブキャリアの強度に比して大きく設定することを特徴とするサブキャリア多重光伝送方法。

3) 伝送信号によって変調された周波数の異なる複数のサブキャリアを多重し、該サブキャリア多重信号によって信号光強度を変調して伝送を行うサブキャリア多重光伝送方法において、 $N_i$ を1番目( $i$ は自然数)のチャンネルの周波数帯域内に生じる非線形歪の总数とし、 $X$ を1以下の正の実数として、1番目のチャンネルにおけるサブキャリアの強度が $N_i^X$ にはほぼ比例するよう、各チャンネルのサブキャリア強度を設定することを特徴とするサブキャリア多重光伝送方法。

4) 伝送信号によって変調された周波数の異なる複数のサブキャリアを多重し、該サブキャリア多重信号を変調信号として光源に入力し、該光源から伝送された信号を光受信器で受信するサブキャリア多重光伝送装置において、前記サブキャリア多重信号を入力とし、前記複数のサブキャリアの各々の強度を設定し、前記光源に変調信号として

## 特開平4-54034 (2)

入力するエンファシス回路と、前記光受信器で受信した複数のサブキャリアの各々の強度を前記エンファシス回路に入力される以前の状態に戻す、前記エンファシス回路と逆の特性をもつてエンファシス回路とを有することを特徴とするサブキャリア多重光伝送装置。

## 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は光通信におけるサブキャリア多重光伝送方法およびこれに用いる装置に関する。

## (従来の技術)

伝送信号によって変調された複数のサブキャリアを多重し、これによって信号光強度を変調して伝送するサブキャリア多重光伝送は、多チャンネルのアナログ信号を多重して低コストで伝送することに適しており、現在CATVの幹線系等への適用が検討されている。また近年著しく性能が向上した光増幅器をサブキャリア多重光伝送に用いることによってロスマージンを飛躍的に大きくすることが可能となり、分配系への適用も期待されてい

る。このサブキャリア多重光伝送については例えばW. L. Way らによる 'Subcarrier Multiplexed Lightwave System Design Considerations For Subscriber Loop Application', JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 第7巻, p1806, (1989年)等の文献に詳細な説明がなされている。

## (発明が解決しようとする課題)

上記のサブキャリア多重光伝送で多チャンネルのアナログ信号を伝送する場合、伝送路で発生する非線形歪を非常に低く抑える必要がある。非線形歪による伝送品質の劣化の指標として、CSO(Composite Second Order Distortion)とCTB(Composite Tripple Beat)がある。このCSOとは、あるチャンネル周波数帯域内に発生する2次歪の総和とサブキャリアとのパワー比のことであり、CTBとは3次歪の総和とサブキャリアとのパワー比のことである。たとえばVSB-AM変調(残留周波数帯-振幅変調)を用いて高品質のTV信号を伝送するには、このCSO, CTBを-55dB~-65dB以下という非常に低い値に抑える必要がある。そのた

め、サブキャリア多重光伝送に用いる光素子、特に送信光源として用いられるLDの入出力特性には非常に高い線形性が要求される。

サブキャリア多重光伝送では、変調信号による信号光の変調振幅と信号光の平均パワーの比である光変調指数(以下OMIと略す)が重要なパラメータとなる。受信器では信号対雑音強度比(S/N比)はこのOMIに従って向上するので、伝送距離を延ばすにはOMIを大きくすることが望ましい。しかし、OMIを大きくした場合、送信光源の非線形歪が増大してしまう。例えば、CSOはOMIに比例して悪化し、CTBはOMIの2乗に比例して悪化する。このように光素子の歪によってOMIが制限されるため、従来は、例えば40chとVSB-AM信号を多重伝送した場合、その伝送距離は10km程度に制限されていた。

本発明の目的は、このような課題を解決し、従来に比べて伝送距離を伸ばすことのできる、あるいは光素子の入出力特性の直線性に対する許容値を緩和することのできるサブキャリア多重光伝送

方法およびこれに用いる装置を提供することにある。

## (課題を解決するための手段)

上記の課題を解決するため本発明は、伝送信号によって変調された周波数の異なる複数のサブキャリアを多重し、該サブキャリア多重信号によって信号光強度を変調して伝送を行うサブキャリア多重光伝送方法において、非線形歪とサブキャリアの強度比が他のチャンネルに比して劣化しているチャンネルのサブキャリア強度を、他のチャンネルのサブキャリア強度に比して大きく設定することを特徴とする。

上記の発明を具体的に実現する一つの方法として、本発明は受信帯域内に生じる非線形歪の数の多いチャンネルのサブキャリアの強度を他のサブキャリアの強度に比して大きく設定する。さらに上記の発明を具体的に実現する他の方法として、本発明は、 $N_1$ を*i*番目(*i*は自然数)のチャンネルの周波数帯域内に生じる非線形歪の起数とし、*X*を1以下の正の実数として、*i*番目のチャンネルにおける

## 特開平4-54034 (3)

サブキャリアの強度が $N_i^x$ には比例するよう、各チャンネルのサブキャリア強度を設定する。

また本発明は、伝送信号によって変調された周波数の異なる複数のサブキャリアを多重し、該サブキャリア多重复号によって信号光強度を変調して伝送を行うサブキャリア多重光伝送装置において、前記複数のサブキャリアの各々の強度を設定するエンファシス回路を送信部に有し、該送信部から伝送されてきた前記複数のサブキャリアの各々の強度を前記エンファシス回路に入力される以前の状態に戻す、前記エンファシス回路と逆の特性をもつてエンファシス回路を受信部に有することを特徴とする。

## (作用)

サブキャリア多重复号における非線形歪の周波数分布は、サブキャリアの多重数 $N$ ( $N$ は正の整数)と、サブキャリアの周波数配置によって一義的に定まる。また各非線形歪の強度は、相互作用するサブキャリアの強度と、光素子の入出力特性の線形性によって定まる。本発明は、この非線形歪

の周波数分布に着目して各サブキャリアの強度を最適化し、CSO、CTBのチャンネル間格差を低減することによって、最悪チャンネルのCSO、CTBを改善するものである。各チャンネルのサブキャリアの強度の設定はかなり自由であるが、基本的には非線形歪が多数発生するチャンネルのサブキャリアに対する強度比を増大するものである。これにより最悪チャンネルのCSO、CTBを改善することができる。

また本発明によるサブキャリア多重复号伝送装置は、複数のサブキャリアの各々の強度を設定するエンファシス回路、およびエンファシス回路と逆の特性をもつてエンファシス回路を有する。これによって各チャンネルのサブキャリア強度を最適化に変換して伝送し、受信部では各サブキャリア強度を再び伝送前の状態に戻すことができる。

## (実施例)

第1図(a)～(c)に本発明の第1の実施例におけるサブキャリア多重复号の周波数スペクトルを示す。サブキャリア多重复号1には、18MHzから54MHzま

での周波数範囲に、TV信号によってVSB-AM変調された7個のサブキャリア2(1)～2(7)が6MHzの周波数範囲で多重されている。第1図(a)に示されるように、送信光源入力時において、サブキャリア2(1)、2(2)の強度を他のサブキャリア2(3)～2(7)の強度の1.5倍、1.3倍にそれぞれ設定してある。これらのサブキャリア2(1)～2(7)を多重した多重复号によって信号光強度を変調し、伝送する。第1図(b)は伝送後の周波数スペクトルを示す。光素子の非線形性のため受信帯域内に非線形歪3(1)～3(7)が発生している。この非線形歪3(1)～3(7)の強度は第1チャンネルで最大となるが、その分、サブキャリア2(1)の強度は他に比べて大きくしてある。従って第1図(c)に示されるように、各チャンネルのサブキャリア強度を等しくした後は、各チャンネルにおける非線形歪の強度はほぼ等しくなる。

第2図は本発明の第2の実施例における各チャンネルのサブキャリア強度の設定を示したものである。VSB-AM変調を用いたTV信号伝送では、サブキャリア周波数帯域が比較的低いため、2次の相互

変調歪が主な劣化要因となることが知られている。従来のように各サブキャリアの強度が等しく $P$ である場合、CSOの*i*番目( $i$ は正の整数)のチャンネルにおける値 $CSOI_i$ は

$$CSOI_i = A \cdot P^2 \cdot N_{IMD2-i} / P$$

と近似される。ただし $A$ は光素子の入出力特性によって定まる定数であり、 $N_{IMD2-i}$ は*i*番目のケプキャリア周波数帯域内に生じる2次相互変調歪の数である。第2図(b)は、従来のように各サブキャリアの強度が等しく $P$ である場合の $N_{IMD2-i}$ 、 $CSOI_i$ を示したものである。 $CSOI_i$ は第1チャンネルで最悪値をとり、第4～第6チャンネルで最良値をとり、その差は約6dBである。

これに対し本発明を用いた場合、 $CSOI_i$ は、

$$CSOI_i = A \cdot (\sum P_j \cdot P_k) / P_i$$

とあらわせる。ただし $P_i$ は*i*番目のサブキャリアの強度をあらわし、 $\sum P_j \cdot P_k$ は、*i*番目のチャンネルに2次相互変調歪をもたらす全てのサブキャリアの組合せの強度積の和をあらわす。本実施例における $P_i$

## 特開平4-54034 (4)

の設定、およびCSOを第2図(a)に示す。本実施例では次式に従って設定している。

$$P_i = B \cdot (N_{IMD2,i})^X$$

(B, Xは正の実数。ただしBは比例定数)

ただし上式で、X=0.5, B=Pとしている。このときCSOの最悪値は約3.46A·Pであり、本発明を用いなかった場合のCSOの最悪値4A·Pに比べ約0.63dB改善されている。

また第2図(c)は本実施例の変形例におけるPiの設定、およびCSOを示す。本変形例では第1の実施例においてCSOが最悪となった第5チャンネルのサブキャリア強度を第1の実施例の場合よりも大きくし、1.05Pとしている。これによりCSOの最悪値は約3.37A·Pとなり、第1の実施例よりさらに約0.11dB改善することができた。

第3図に本発明の第3の実施例におけるサブキャリア多重信号の周波数スペクトルを示す。本実施例の構成は第1図と同様である。ただしサブキャリアの枚数は50個で、そのうちTV信号によってVSB-AM変調を受けた42個のサブキャリア

2(1)~2(42)が、54MHzから300MHzまでの周波数帯域に6MHzの周波数間隔で配置されている。残りの8個のサブキャリア2(43)~2(50)は、衛星放送の様式に従ったFM変調を受けており、900MHzから1250MHzまでの周波数帯域に50MHzの周波数間隔で配置されている。FM変調は強に強く、また必要とされるCN比(搬送波対雜音比)もAM変調を用いた場合に比べ低いため、サブキャリア2(43)~2(50)の強度は、サブキャリア2(1)~2(42)の強度に比べかなり小さい。したがって本実施例の場合、サブキャリア2(1)~2(42)に関する非線形歪のみを考慮すればよい。

本実施例では第3図のように、サブキャリア2(1)~2(5)のOMIを4.4%、サブキャリア2(6)~2(10)のOMIを4%、サブキャリア2(11)~2(20)のOMIを3.8%、サブキャリア2(20)~2(42)のOMIを3.6%、サブキャリア2(43)~2(50)のOMIを2%とすることにより、CSOの最悪値を-61.6dBとすることができた。これに対して本発明を用いなかった場合、すなわちサブキャリア2(1)~2(42)のOMIをすべて

3.6%、サブキャリア2(43)~2(50)のOMIを2%とした場合、CSOは第1チャンネルで最悪値-60.6dBをとる。したがって本実施例ではCSOの最悪値を約0.8dB改善することができた。なお本実施例では、CTBは全てのチャネルで-75dB以下であり、送信光源の平均光出力は+4dBmであった。これにより15kmの光ファイバを伝送した後も全てのチャネルで50dB以上のSN比を得ることができた。

以上いくつか実施例を述べたが、本発明はこれに限定されない。例えば、各サブキャリアの強度の設定は、非線形歪の数が多い、あるいはCSO、CTBが劣化しているチャンネルのサブキャリア強度を他のチャンネルのサブキャリア強度に比して大きくするという原則の範囲内で、上記の実施例以外の様々な数値を取ることができる。また上記の実施例では、VSB-AM変調方式、あるいはFM変調方式によってサブキャリアが変調されていて、無論、PM変調等の他のアナログ変調方式や、FSK変調等のデジタル変調方式を用いた場合にも適用可能である。ただし、複数の変調方式が混在

して用いられた場合、第3の実施例の場合のように、各変調方式の歪に対する強さや所要CN比等を考慮して各チャンネルのサブキャリア強度を決定する必要がある。

次にこれらのサブキャリア多重光伝送方法を実施するための装置について説明する。

第4図に本発明のサブキャリア多重光伝送装置の第1の実施例の構成図を示す。サブキャリア多重信号1には、18MHzから54MHzまでの周波数範囲に、TV信号によってVSB-AM変調された7個のサブキャリア2(1)~2(7)(第1図参照)が6MHz周波数間隔で多重されている。サブキャリア多重信号1は、エンファシス回路4によって各サブキャリアのレベルが調整された後、バイアス電流5に重複され、送信光源6に加えられる。送信光源6は温度制御素子、光アイソレータを内蔵した1.3μm帯DFB-LDモジュールである。送信光源6から出力された信号光7は長さ15kmの单一モード光ファイバ10の伝送後に光受信器11によって受信される。光受信器11では、pin-PDを用いた受光器12によって信号光7が

## 特開平4-54034 (5)

受光され、サブキャリア多重信号13に変換される。サブキャリア多重信号13は、エンファシス回路4と逆の特性を持つデエンファシス回路14に入力され、各サブキャリアの強度が等しくされた後、光受信器11から出力信号15として出力される。本発明では、エンファシス回路4によってサブキャリア2(1)~2(7)の強度が前記第2の実施例と同様に設定された。これによってCSOを従来に比べ0.63dB改善することができた。

なお本実施例のように各サブキャリア強度を調整するエンファシス回路4は、第5図(a)のような回路によって実現される。第5図(a)の低域通過フィルタ40(1)~40(N)は1段当たり第5図(b)のような周波数特性をもっており、また高域通過フィルタ41(1)~41(M)は1段当たり第5図(c)のような周波数特性を持っている。従ってこれらを多段接続することによって第5図(d)のような周波数特性を実現することができる。また第6図はデエンファシス回路11の構成を示す。高域通過フィルタ42(1)~42(N)と低域通過フィルタ43(1)~43(M)を多段接続した構成に

よって、エンファシス回路4と逆の周波数特性を実現することができる。

第7図は本発明の装置の第2の実施例の構成図である。この実施例はエンファシス回路、デエンファシス回路を持たないシステムの例である。信号源20(1)~20(7)から出力された変調信号21(1)~21(7)はVSB-AM変調器22(1)~22(7)によってサブキャリア2(1)~2(7)に変換されて出力される。サブキャリア2(1)~2(7)は前述の第2の実施例と同様、18MHzから54MHzまでの周波数範囲に6MHzの周波数間隔で多重されている。サブキャリア2(1)~2(7)は、増幅器23(1)~23(7)によって増幅された後、合成回路24で合成され、サブキャリア多重信号1となる。増幅器23(1)~23(7)は利得が可変になっており、この利得を調整することでサブキャリア2(1)~2(7)の強度を任意に設定可能である。サブキャリア多重信号1はバイアス電流5と共に送信光源6に加えられ、信号光7が出力される。信号光7は光ファイバ10伝送後に受光器12によって受光され、サブキャリア多重信号13に変換される。サブ

キャリア多重信号13は周波数変換回路31によって中間周波数信号32に変換されたのち自動利得制御増幅器33に入力される。周波数変換回路31は、局部発振回路、周波数混合回路、フィルタ等によって構成されており、局部発振回路の発振周波数を変えることにより、サブキャリア多重信号13に含まれている複数のサブキャリアのうちから任意のサブキャリアを中間周波数信号として出力することができる。自動利得制御増幅器33は出力信号の強度を入力信号強度に関わりなく一定にする作用を持っており、前記複数のサブキャリアの強度がそれぞれ異なっても、自動利得制御増幅器33から出力される中間周波数信号32の強度は一定になる。自動利得制御増幅器33から出力された中間周波数信号32の強度は一定になる。自動利得制御増幅器33から出力された中間周波数信号32は復調回路34によって復調され、出力信号15として光受信器11から出力される。

本実施例では、増幅器23(1)~23(7)によって送信光源6に加えられるサブキャリア2(1)~2(7)の強度の

設定を行い、また自動利得制御増幅器33によって出力信号15の強度を一定にしている。したがって第4の実施例に用いられたエンファシス回路4、デエンファシス回路14が不要である。本実施例では、光変調指数OMIを、第1チャンネルで14.1%、第2チャンネルで13.2%、第3、第7チャンネルで11.9%、第4、第5、第6チャンネルで10%に設定した。これにより、平均光出力+4dBmの送信光源6を用いて30kmの光ファイバ伝送を実現することができた。このとき、受信器11において全てのチャンネルで54dB以上のSN比を得ることができ、CSO、CTBの最悪値はそれぞれ-5dB、-65dBであった。

以上、サブキャリア多重光伝送装置について様々な実施例を説明してきたが、本発明は無論これらの実施例に限定されるものではなく、発明の範囲内で様々な変更が可能である。例えば、装置の第1の実施例では、エンファシス回路、デエンファシス回路を抵抗とコンデンサを用いて構成した。しかしこれはマイクロストリップラインや同軸ケーブルの周波数特性を用いたり、コイル等を

用いたフィルタやアクティプフィルタ等の様々なフィルタを用いたりすることによっても構成可能である。

(発明の効果)

本発明を用いることによって、最悪チャンネルのCSO, CTBを改善することができる。その結果、各チャンネルのOMLを増加することができ、その分だけ受信器におけるS/N比を改善したり、伝送距離を延長したりすることができた。またCSO, CTBの改善分だけ、光素子の入出力特性の線形性に対する制限を緩和することができた。

図面の簡単な説明

第1図(a)～(c)は本発明の第1の実施例におけるサブキャリア多重信号の周波数スペクトルを示したものである。第2図(a)～(c)、第3図は、それぞれ本発明の第2、第3の実施例における各サブキャリア強度の設定を示したものである。第4図は本発明の実施例の構成図である。第5図(a)～(d)は第4図の実施例に用いられたエンファシス回路の構成と特性を示した図である。第6図は第4の実施例に用いら

特開平4-54034 (6)

れたデエンファシス回路の構成を示した図である。第7図は本発明の実施例の構成図である。各図において

1:サブキャリア多重信号、2:サブキャリア、3:非線形性、4:エンファシス回路、5:バイアス電流、6:送信光源、7:信号光、10:光ファイバ、11:光受信器、12:受光器、13:サブキャリア多重信号、14:デエンファシス回路、15:山力信号、20:信号源、21:変調信号、22:変調器、23:增幅器、24:合成器、31:周波数変換回路、32:中間周波信号、33:自動利得制御増幅器、34:復調回路、である。

代理人 井理士 内原 音

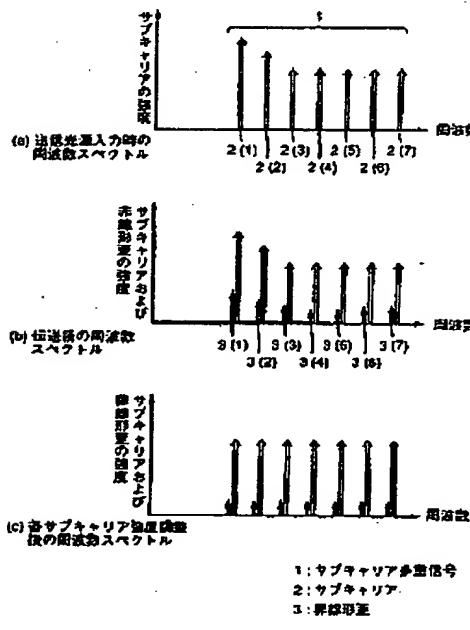


図 1 図

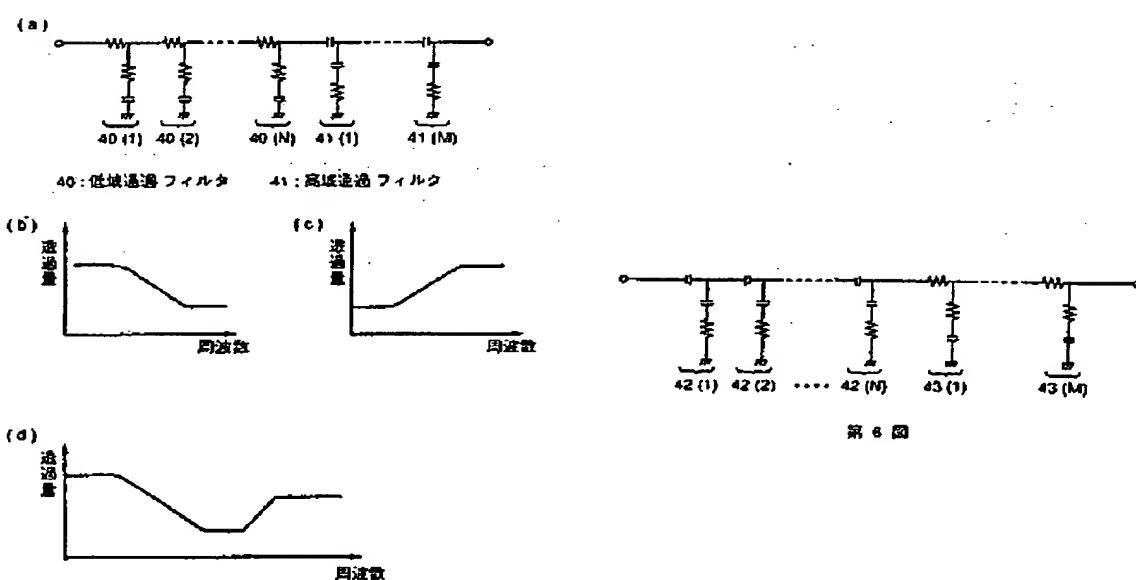
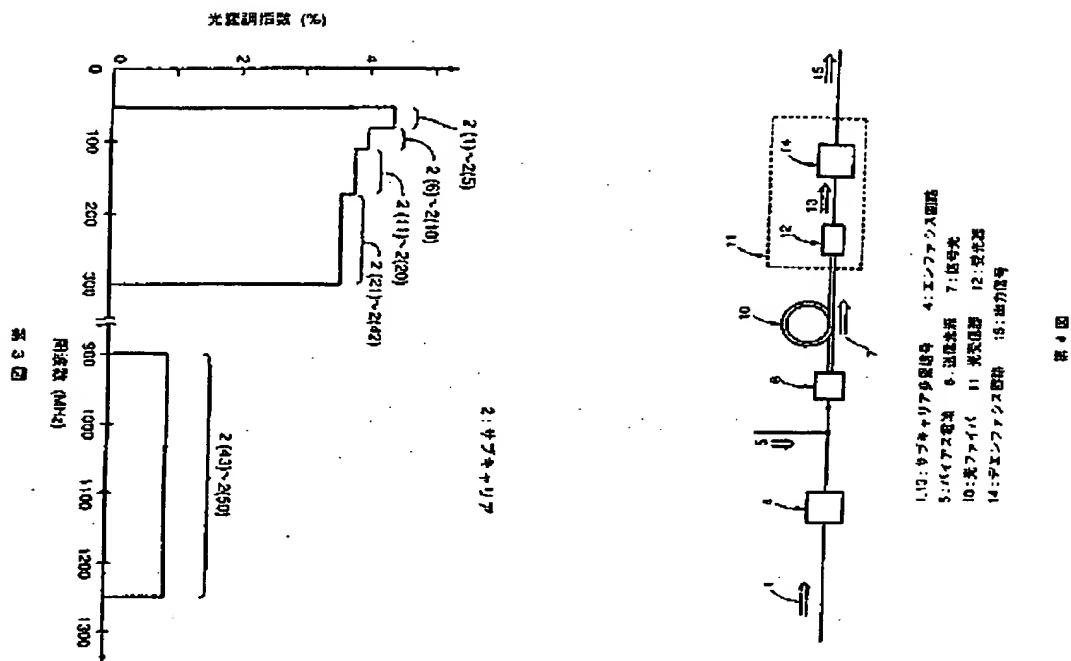
チャンネル番号	1	2	3	4	5	6	7
サブキャリア周波数 (MHz)	18	24	30	36	42	48	54
2次拍変調基の数	4	3	2	1	1	1	2
サブキャリア強度	2P	1.73P	1.41P	P	P	P	1.41P
CSO	3.28AP	3.3AP	3.15AP	2.83AP	3.45AP	2.63AP	3.15AP

チャンネル番号	1	2	3	4	5	6	7
サブキャリア強度	P	P	P	P	P	P	P
CSO	4AP	3AP	2AP	AP	AP	AP	2AP

チャンネル番号	1	2	3	4	5	6	7
サブキャリア強度	2P	1.73P	1.41P	P	1.05P	P	1.41P
CSO	3.32AP	3.37AP	3.15AP	2.89AP	3.3AP	2.63AP	3.15AP

図 2 図

特開平4-54034 (7)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**